

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-153047

(43)Date of publication of application : 16.06.1995

(51)Int.Cl. G11B 5/596
G11B 5/02
G11B 5/82

(21)Application number : 05-326151 (71)Applicant : SONY CORP

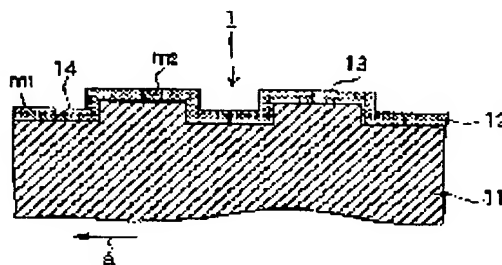
(22)Date of filing : 30.11.1993 (72)Inventor : MORITA OSAMI
TAKINO HIROSHI

(54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDED MEDIUM AND METHOD OF
SIGNAL RECORDING ON THE MEDIUM

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a perpendicular magnetic recording medium which facilitates the highly accurate tracking control of a magnetic head at the time of recording and reproducing while a recording capacity is increased substantially and obtain the practical method of recording a signal on the perpendicular magnetic recording medium.

CONSTITUTION: A perpendicular magnetic disc 1 is composed of a nonmagnetic substrate 11 which is made of nonmagnetic material and has an uneven surface and a perpendicular magnetic layer (including a foundation layer) 12 formed on the nonmagnetic substrate 11. The respective perpendicular magnetizing directions $m1$ and $m2$ of the protruding parts 13 and the recessed parts 14 are opposite to each other and the writing of a positioning signal is performed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.09.2000

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted]

registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3271406

[Date of registration] 25.01.2002

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-153047

(43) 公開日 平成7年(1995)6月16日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	5/596	7811-5D		
	5/02	B 7426-5D		
	5/82	9196-5D		

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 12 頁)

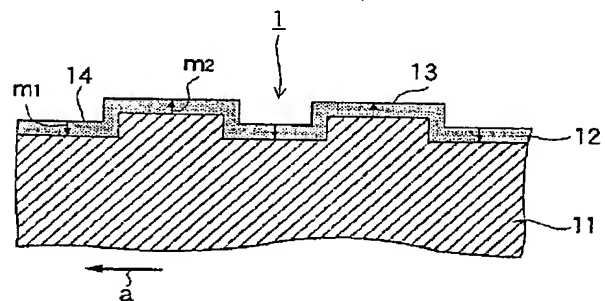
(21) 出願番号	特願平5-326151	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22) 出願日	平成5年(1993)11月30日	(72) 発明者	森田 修身 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(72) 発明者	瀧野 浩 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録媒体及びその垂直磁気記録媒体への信号記録方法

(57) 【要約】

【目的】 記録容量の大幅な増大を図りながら、記録あるいは再生時に磁気ヘッドの高精度なトラッキング制御を行うことができる垂直磁気記録媒体と実用的なその垂直磁気記録媒体への信号記録方法を提供することを目的とする。

【構成】 垂直磁気ディスク1は、非磁性の材質からなる基板11の表面を凹凸形状にした非磁性基板11と、該非磁性基板11上に垂直磁性層(下地層も含む)12とで構成され、凸部13と凹部14では、記録する垂直磁化方向m1とm2を互いに逆方向に揃え、位置決め信号の書き込みが行われている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に予め凹凸による位置決め信号が記録され、該非磁性基板上に形成された磁性層に情報信号を垂直方向に記録する垂直磁気記録媒体において、

上記磁性層は、位置決め信号が記録される凹部と凸部で記録する垂直磁化方向を互いに逆方向に揃えることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項2】 垂直磁気記録方式によって非磁性基板上に形成された垂直磁性層に情報信号の記録を行い、かつ予め上記非磁性基板に形成される凹凸を磁気ヘッドの位置信号とするサーボピットを備える垂直磁気記録媒体への信号記録方法において、

上記垂直磁気記録媒体の凹部と凸部の垂直磁性層全面に第1の磁化手段により第1の磁場を印加して同一の垂直方向に磁化する第1の垂直磁化工程と、

上記垂直磁気記録媒体を上記垂直磁気記録媒体の半径方向に回転移動させながら、上記第1の磁化手段以下の大きさの第2の磁化手段で上記第1の磁場と逆方向の第2の磁場を上記凸部の垂直磁性層のみに印加して上記第1の磁場と逆の垂直方向に磁化させる第2の磁化工程を順次行うことを特徴とする垂直磁気記録媒体への信号記録方法。

【請求項3】 上記第1の磁化手段が永久磁石または電磁石のときには、上記第1の磁化手段の上記垂直磁気記録媒体の半径方向の長さを上記垂直磁気記録媒体の半径の長さと同じ以上にし、

磁気ヘッドのときには、上記第1の磁化手段の大きさを上記垂直磁気記録媒体の半径と同じ以上または上記垂直磁気記録媒体のトラック幅以上の大きさにして上記第1の磁化手段を上記垂直磁気記録媒体の半径方向へ回転移動させながら上記第1の垂直磁化工程を行うことを特徴とする請求項2記載の垂直磁気記録媒体への信号記録方法。

【請求項4】 上記第2の磁化手段における上記垂直磁気記録媒体の半径方向の長さは、上記垂直磁気ディスクの半径と同じ以上とし、この第2の磁化手段を上記垂直磁気記録媒体面に近接配置させて第2の磁場の印加を行うことを特徴とする請求項2記載の垂直磁気記録媒体への信号記録方法。

【請求項5】 上記第1の垂直磁化工程では、凹部と凸部の垂直磁性層全面を同一方向に垂直磁場を印加し、上記第2の垂直磁化工程では、上記凸部だけを上記第1の磁場と逆方向の第2の磁場を印加することを特徴とする請求項3及び4記載の垂直磁気記録媒体への信号記録方法。

【請求項6】 上記第2の磁化手段に流す直流電流は、上記第1の磁場により磁化された方向と逆方向に上記凸部の垂直磁性層のみを磁化する大きさと極性を選定して上記第2の磁化手段に印加することを特徴とする請求項

2及び3記載の垂直磁気記録媒体への信号記録方法。

【請求項7】 上記第2の磁化手段に用いる磁気ヘッドのトラック幅は、上記垂直磁気ディスクの半径と同一以上の長さとすることを特徴とする請求項6記載の垂直磁気記録媒体への信号記録方法。

【請求項8】 上記磁気ヘッドには、単磁極型ヘッドが用いられることを特徴とする請求項3、5、6または7記載の垂直磁気記録媒体への信号記録方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、非磁性基板上に予め凹凸による位置決め信号が記録され、該非磁性基板上に形成された磁性層に情報信号を垂直方向に記録する垂直磁気記録媒体とその垂直磁気記録方式による上記垂直磁気記録媒体への信号記録方法に関する。

【0002】

【従来の技術】デジタル情報信号を磁気ヘッドによって記録再生する従来の磁気記録媒体である例えば磁気ディスクでは、サーボライタが予め磁気ディスク1枚ずつに内蔵する磁気ヘッドを介して位置決め信号を書き込んで、この磁気ディスクに対するイニシャライズを行っている。磁気ディスクのイニシャライズは、サーボによる磁気ヘッドのトラッキング性能を高めるために行っている。

【0003】このように高精度のトラッキングを可能にすることは、磁気ディスク駆動装置で使用する磁気ディスクのトラック密度を向上させてもデジタル情報信号を正確に磁気ディスクの所定のアドレスに記録したりあるいは所定のアドレスからのデジタル情報信号の再生を可能にする。この結果、磁気ディスクは、記録容量を増大させることができることになる。

【0004】この位置決め信号を予め記録する磁気ディスクには、例えば磁気ディスクをトラック方向に複数個に分けたセクタを設け、これらの各セクタの先頭位置に上記位置決め信号が書き込んだセクタサーボ方式を可能にする磁気ディスクや上記位置決め信号を磁気ディスクの磁性膜の深層に予め書き込んでおき、データ信号を上記磁性膜の上である表層に記録する埋込みサーボ方式による磁気ディスク等がある。

【0005】また、磁気ディスクには、特開平3-228219号の公報に示されるように非磁性基板の凹凸パターンに倣う磁性層の凹部と凸部で異なる方向に磁化させているため、信号読み取り用磁化反転パターンを凹凸パターンニングの精度で磁気ディスク体に形成することによってトラック密度を向上させることができるようにしている磁気ディスクが提案されている。特に、水平磁化の場合には、広いギャップを有するヘッドと狭いヘッドを用いて逆方向に磁界を加えることにより、ヘッド送り精度にかかわらず凹部と凸部に正確に所定の方向に磁化させることができるため、製作が容易であり位置決め精

度が向上することが記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、磁気ディスクの記録トラック幅を狭小化することにより高記録密度化を図るために、トラッキング信号の高い位置精度が必要になることは上述した通りである。

【0007】ところが、従来のサーボライタにより位置決め信号を予め書き込む方法では、サーボライタと磁気記録装置の機構部に高い精度が要求され、低価格化が困難となる。

【0008】また、サーボピットをプリフォームすることによってトラッキング信号の位置精度を高めるための具体的な磁気ディスクの製造方法が幾つか提案されている。磁気ディスクの製造方法の一例としては、磁性膜をエッチングあるいは非磁性化することによってサーボピットを形成する方法がある。しかしながら、この場合、媒体の製造工程が複雑であり、低価格化が困難となる。

【0009】これに対して、磁気ディスクの製造方法の他の一例では、他のプラスチック、ガラス等を成形することにより凹凸型サーボピットを形成する方法の場合、媒体を大量かつ安価に供給することが可能であると提案されている。また、長手記録の場合、前述した特開平3-228219号の公報に示されるように、ギャップ長の異なる2つのヘッドを用いて、凹凸のサーボピットにサーボ信号を書き込む方法では、2つのヘッドを使用するため手段が複雑で、実用上非常に困難である。

【0010】ところで、磁気ディスクの線密度を高めることにより高密度記録化を図るためには、垂直磁気記録方式を利用することが一般に知られている。従って、精度の良い位置決め信号を基板にサーボピットとしてプリフォームし、かつ垂直磁気記録方式による情報信号の記録を行えば磁気ディスクの高容量化が実現できることになる。しかしながら、垂直磁気記録方式により基板の凹凸によって形成された磁気ディスクのサーボピットに位置決め信号を書き込む信号記録方法は、まだ開発されていない。

【0011】そこで、本発明は、上述したような実情に鑑みてなされたものであり、記録容量の大幅な増大を図りながら、記録あるいは再生時に磁気ヘッドの高精度なトラッキング制御を行うことができる垂直磁気記録媒体と実用的なその垂直磁気記録媒体への信号記録方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係る垂直磁気記録媒体は、上述した課題を解決するため、非磁性基板上に予め凹凸による位置決め信号が記録され、該非磁性基板上に形成された磁性層に情報信号を垂直方向に記録する垂直磁気記録媒体において、上記磁性層は、位置決め信号が記録される凹部と凸部で記録する垂直磁化方向を互いに逆方向に揃えることを特徴としている。

【0013】また、本発明に係る垂直磁気記録媒体への信号記録方法は、上述した課題を解決するため、垂直磁気記録方式によって非磁性基板上に形成された垂直磁性層に情報信号の記録を行い、かつ予め上記非磁性基板上に形成される凹凸を磁気ヘッドの位置信号とするサーボピットを備える垂直磁気記録媒体への信号記録方法において、上記垂直磁気記録媒体の凹部と凸部の垂直磁性層全面に第1の磁化手段により第1の磁場を印加して同一の垂直方向に磁化する第1の垂直磁化工程と、上記垂直磁気記録媒体を上記垂直磁気記録媒体の半径方向に回転移動させながら、上記第1の磁化手段以下の大きさの第2の磁化手段で上記第1の磁場と逆方向の第2の磁場を上記凸部の垂直磁性層のみに印加して上記第1の磁場と逆の垂直方向に磁化させる第2の磁化工程を順次行うことを特徴としている。

【0014】ここで、上記第1の磁化手段が、永久磁石または電磁石のときには、上記第1の磁化手段の上記垂直磁気記録媒体の半径方向の長さを上記垂直磁気記録媒体の半径の長さと同じ以上にし、磁気ヘッドのときには、上記第1の磁化手段の大きさを上記垂直磁気記録媒体の半径と同じ以上にまたは上記垂直磁気記録媒体のトラック幅以上の大きさにして上記第1の磁化手段を上記垂直磁気記録媒体の半径方向へ回転移動させながら上記第1の垂直磁化工程を行う。

【0015】また、上記第2の磁化手段における上記垂直磁気記録媒体の半径方向の長さは、上記垂直磁気ディスクの半径と同じ以上とし、この第2の磁化手段を上記垂直磁気記録媒体面に近接配置させて第2の磁場の印加を行っている。

【0016】垂直磁気記録媒体への信号記録方法は、このように上述した第1の磁化手段と第2の磁化手段をそれぞれの工程で用いて上記第1の垂直磁化工程では、凹部と凸部の垂直磁性層全面を同一方向に垂直磁場を印加し、上記第2の垂直磁化工程では、上記凸部だけを上記第1の磁場と逆方向の第2の磁場を印加することを特徴とする。

【0017】また、上記第2の磁化手段に流す直流電流は、上記第1の磁場により磁化された方向と逆方向に上記凸部の垂直磁性層のみを磁化する大きさと極性を選定して上記第2の磁化手段に印加する。ここでの第2の磁化手段に用いる磁気ヘッドのトラック幅は、を上記垂直磁気ディスクの半径と同じ以上の長さとしている。さらに、上記磁気ヘッドには、単磁極型ヘッドが用いられている。

【0018】ここで、信号記録装置としては、基本的に少なくとも垂直磁気ディスクを回転させる回転駆動手段と、垂直磁気ディスクの半径方向に磁気ディスクを移動させる移動手段と、上記磁気ディスクに印加する磁界を上述した2つの工程に応じてそれぞれ第1の磁場と第2の磁場を切り換えて磁化する垂直方向を制御する垂直磁

化制御部とで構成することができる。

【0019】

【作用】本発明に係る垂直磁気記録媒体では、垂直磁性層が、位置決め信号の記録される凹部と凸部で記録する垂直磁化方向を互いに逆方向に揃えることにより、高精度な位置制御、すなわち垂直磁気記録媒体に対する高精度なトラッキング制御を可能にする。

【0020】また、本発明に係る垂直磁気記録媒体への信号記録方法では、垂直磁気記録方式によって非磁性基板上に形成された垂直磁性層に情報信号の記録を行い、かつ予め上記非磁性基板上に形成される凹凸を磁気ヘッドの位置信号とするサーボビットを備える垂直磁気記録媒体に対して第1の垂直磁化工程で上記垂直磁気記録媒体の凹部と凸部の垂直磁性層全面に第1の磁化手段により第1の磁場を印加して同一の垂直方向に磁化させ、第2の磁化工程で上記垂直磁気記録媒体を上記垂直磁気記録媒体の半径方向に回転移動させながら、上記第1の磁化手段以下の大きさの第2の磁化手段で上記第1の磁場と逆方向の第2の磁場を上記凸部の垂直磁性層のみに印加して上記第1の磁場と逆の垂直方向に磁化させることにより、上記凸部のサーボビットに上記凹部と垂直磁化方向の異なる情報信号を容易に記録する。

【0021】

【実施例】以下、本発明に係る垂直磁気記録媒体及び垂直磁気記録媒体への信号記録方法の実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0022】本発明の垂直磁気記録媒体は、垂直磁気ディスク上に扇状に位置決め信号の書き込み領域、いわゆるサーボゾーンを設けるサンプルサーボ方式に適用したものであり、この垂直磁気ディスクについて図1から図3を参照しながら説明する。垂直磁気ディスク1は、例えば図1の要部断面図が示すように、非磁性の材質からなる基板上の表面を凹凸形状にした非磁性基板11と、該非磁性基板11上に垂直磁性層（下地層も含む）12とで構成される。

【0023】上述したように非磁性基板11上に予め形成された凹凸は、ディスク基板材料に合成樹脂材料を用いることで例えば光ディスク用のマスタリング装置等のようなスタンプ専用装置によってスタンプできるため、その寸法及び位置精度を非常に高く成型することができる。具体的な非磁性支持体上の凹凸パターンの形成法としては、RIE（反応性イオンエッチング）法、ガラス2P（フォトリソ）法等の種々の方法を適用することができる。

【0024】このスタンプされた合成樹脂からなる例えば、厚さ0.9mmの非磁性基板11にはイオンエッチング法により凹凸パターンの深さを0.2μmとして形成される。この非磁性基板11上には、Ni-FeやCo系アモルファス膜などからなる高透磁率材料を1μm成膜して高透磁率層を例えば下地層として形成し、この高透磁

率層上にCoCr、CoPt、CoPtB等よりなる垂直磁気記録材料を0.1μm形成された垂直磁性層12がスパッタリング、蒸着、メッキ等の手法により順次一様に被着成膜される。また、図示していないが、一般的に、C、SiN₄、Al₂O₃等からなる保護膜が厚さ10nmで垂直磁性層12を覆うように順次スパッタリング等により一様に被着成膜される。このように各層を成膜して一様に各層を形成し、スタンパにより磁気ディスクが形成される。

【0025】ここで、垂直磁気ディスク1は、例えば凸部13と凹部14の段差を0.3μm以下とし、高透磁率層、垂直磁気記録層からなる垂直磁性層12及び保護層の厚みを合計した総膜厚がこの段差量0.3μmを越えないように成膜する。

【0026】このように凹凸の断差量を限定することにより、磁気ディスクの表面は、ディスク基板表面に設けられた凹凸を正確に転写するため、鋭い信号波形が得られることになる。

【0027】垂直磁気ディスク1は、後段でこの垂直磁気ディスクへの信号記録方法で述べるように、垂直磁気ディスク1を図1の矢印a方向へ回転させる装置であるスピンドルモータの回転駆動により回転させて、磁気ヘッド2に第1の直流電流を印加しながらこの磁気ヘッド2を垂直磁気ディスク1上の半径方向に移動させ、垂直磁気ディスク1の凸部13と凹部14の垂直磁性層12を全て同一方向に磁化した後、第1の直流電流とは逆極性の第2の直流電流を磁気ヘッド2に印加しながらこの磁気ヘッド2を垂直磁気ディスク1上の半径方向に移動させ、磁気ディスク1の凸部13の垂直磁性層12のみを磁化する。

【0028】垂直磁気ディスク1には、図2に示すように扇状に位置決め信号の書き込み領域いわゆるサーボゾーンSZが設けられ、サンプルサーボ方式でデジタル情報を垂直磁気ディスク1に記録したりあるいは垂直磁気ディスク1から記録されているデジタル情報を再生が行われている。

【0029】ここで適用したサンプルサーボ方式において、サーボゾーンSZは、トラック一周を等角度間隔に約800個程度に分割して設け、そのサーボゾーンSZ内には、図3に示すように、トラック幅方向の長さWが5μm程度、ディスクの走行方向に沿った長さLが0.7〜2.9μm程度とされた長方形の凸部13が信号に対応してパターン形成されてなる。この信号は最初凹部14で紙面から紙面の裏側に向かう方向m1（○の中に×を記した記号で表示）に磁化させ、凸部13で紙面から紙面手前側垂直に向かう方向m2（○の中にドットを記した記号で表示）に磁化させている。図1において矢印m1及びm2で示すように凸部13と凹部14において磁化の向きを逆向きとし、位置決め信号の書き込みを行って

【0030】このように構成することにより、垂直磁気

記録媒体に形成されるトラックを狭いトラック幅にしても確実にトラッキング制御させることができ、垂直磁気記録媒体の記録容量を大幅に向上させることができるようになる。

【0031】なお、本実施例の垂直磁気ディスクでは、図1に示されるように凸部となるように描かれているが、逆にデータ記憶部が凹部となるように基板をスタンブしてもよい。また垂直磁気ディスク1の記録再生に適用する方式は、上記サンプルサーボ方式に限定されるものでなく、その他の全面的に位置決め信号の書き込み領域が設けられる場合等、種々のトラッキング方式に適用できることはいうまでもない。

【0032】また本発明に係る垂直磁気記録媒体への信号記録方法について、図4～図13を参照しながら説明する。垂直磁気記録媒体への信号記録方法は、基本的に、例えば図4に示すように、垂直磁気記録方式によって非磁性基板11上に形成された垂直磁性層12に情報信号の記録を行い、かつ予め上記非磁性基板11に形成される凹凸を磁気ヘッドの位置信号とするサーボピットを備える垂直磁気記録媒体への信号記録方法において、上記垂直磁気ディスク1の凹部14と凸部13の垂直磁性層12の全面に第1の磁化手段である磁気ヘッド2により第1の磁場による磁界M1を印加して同一の垂直方向m1に磁化する第1の垂直磁化工程と（図4（A）を参照）、上記垂直磁気ディスク1を上記垂直磁気ディスク1の半径方向、例えば矢印a方向に回転移動させながら、上記第磁気ヘッド2以下の大きさの第2の磁化手段である磁気ヘッド2で上記第1の磁場による磁界M1と逆方向の第2の磁場である磁界M2を上記凸部13の垂直磁性層12のみに印加して垂直方向m1と逆方向m2に磁化させる第2の磁化工程（図4（B）を参照）を順次行っている。

【0033】このように垂直磁気ディスク1への信号記録する信号記録装置としては、少なくとも垂直磁気ディスク1を回転させる回転駆動手段と、垂直磁気ディスク1の半径方向に磁気ディスク2を移動させる移動手段と、上記磁気ディスク2に印加する磁界を上述した2つの工程に応じてそれぞれ第1の磁場と第2の磁場を切り換えて磁化する垂直方向を制御する垂直磁化制御部とで構成することができる。

【0034】上記垂直磁化制御部における第1の磁場と第2の磁場は、印加される直流電流の極性及び大きさを可変させるような切り換え操作によって行われる。また、上記回転駆動手段は、垂直磁気記録媒体の回転数を可変させることができる。

【0035】さらに、信号記録装置は、表面凹凸形状を有する非磁性基板11上に垂直磁性層12が形成された垂直磁気ディスク1を回転させる回転駆動手段と、上記垂直磁気ディスク1の半径と同一以上の長さの磁石で、互いに異なる極性の磁極面を相対向させ、上記垂直磁気

ディスク1を挟み込む位置に配する第1の及び第2の磁石と、印加する直流電流の極性が可変とされた磁気ヘッドと、上記垂直磁気ディスク1上の上記磁気ヘッドを半径方向に移動させる移動手段とにより構成する。

【0036】ここで、信号記録装置は、上記磁気ヘッドを使用する代わりに上記垂直磁気ディスク1の半径と同一以上の長さの第3の磁石及び／又は第4の磁石を上記垂直磁気ディスク1の上下面上に、異なる極性が対向するように配してもよい。

【0037】〔実施例1〕垂直磁気記録媒体への信号記録方法における実施例1は、上述した図4の構成に基づいて行われる。磁気ディスク1に対し、先ず図4Aに示すように、垂直磁気ディスク1を図4の矢印aで示す方向に回転走行させて、磁気ヘッド2に第1の直流電流を印加することによって磁界M1を発生させながら、この磁気ヘッド2を垂直磁気ディスク1上の半径方向に移動させ、垂直磁気ディスク1の凹部14と凸部13の磁性層12を全て同一の垂直方向m1に磁化する。そしてこの後の工程で図4Bに示すように、第2の直流電流を磁気ヘッド2に印加することによって磁界M2を発生させながら、この磁気ヘッド2を磁気ディスク1上の半径方向に上述の最初の工程と同様に磁気ヘッド2のトラック幅で移動させ、スキャンさせることによって、垂直磁気ディスク1の凸部13の磁性層12のみを最初の工程での磁化方向m1と逆向き、すなわち方向m2に磁化してサーボゾーンSZに位置決め信号を書き込んでいる。

【0038】ここで、磁気ヘッド2としては、主磁極Gの主磁極膜厚 g_0 が $0.4\mu\text{m}$ 、トラック幅 $100\mu\text{m}$ 、コイル巻数を28ターンとするものを用いている。そして、磁気ヘッド2は、図4の矢印a方向に、この磁気ヘッド2と垂直磁気ディスク1との相対速度を 6m/s として磁気ディスク1上に浮上させている。このときの浮上量dは、 $0.13\mu\text{m}$ であった。

【0039】また、上述した磁気ヘッド2に供給する第1の直流電流は、例えば 60mA としている。次の工程で磁気ヘッド2には、第1の直流電流により磁化方向を上記垂直方向m1と逆方向m2にする第2の直流電流が流される。凸部13に書き込まれる位置決め信号は、このとき流す第2の直流電流によって磁界記録される。ここで、上記第2の直流信号を変化させた際に凸部13で再生される位置決め信号の再生出力は、図5に示すように変化する。図5のグラフから明らかなように第2の直流電流としては、 $7\sim 10\text{mA}$ 程度とするときにサーボ制御に十分なS/N比で位置決め信号が再生されることが判る。このことから、第2の直流電流は、第1の直流電流に比して小さな電流値で書き込むことができる。また、長手記録媒体と同様の線記録密度を達成しようとした場合に比べて、垂直磁気記録媒体は、一般に保磁力が小さいので、長手記録媒体に用いられる記録電流値より小さく設定でき、消費電力を小さくしてコスト的に有利

にすることができる。

【0040】このように1つ磁気ヘッドによって位置決め信号を書き込むことができることから、ヘッドの交換作業を省略することができてディスクの生産性の向上を図ることができる。

【0041】〔実施例2〕この実施例における垂直磁気ディスクへの信号記録方法では、位置決め信号を書き込まずに通常のディスク駆動装置に組み込む。このディスク駆動装置に組み込まれている磁気ヘッド2は、ギャップ長 $0.4\mu\text{m}$ 、トラック幅 $10\mu\text{m}$ に設定されているものである。この磁気ヘッド2を用いて、図4に示したように、第1の工程における第1の直流電流 60mA が磁気ヘッド2に印加し、ディスク駆動装置によってトラック幅と同ピッチで移動させながら、最外周側から最内周側に向かって半径方向にスキャンさせることによって、垂直な磁性層12を全面に亘って一様に磁化する。この後の第2の工程で、この第1の磁界とは逆極性の磁界を発生させる 8mA の直流電流を印加して、凸部13のみを磁化反転させている。

【0042】このようにして予め記録された位置決め信号が、既に現在使用されているディスク駆動装置に組み込まれている再生用磁気ヘッドで再生しても、位置決め信号をサーボ動作に必要な S/N 比で再生可能なことが確認されている。この場合は従来の方法による場合では不可能であった通常のドライブ装置での位置決め信号の書き込みが可能となる。これにより、ディスク駆動装置の構成は簡略化を図ることができるようになると共に、生産性の向上も図ることができる。

【0043】〔実施例3〕この実施例では、図6に示すように、磁気ヘッド2の先端部と垂直磁気ディスク1の凸部13の表面との間隔が各工程で変化させられている。垂直磁気ディスク1へのイニシャライズ時の信号記録において、第1の工程では、第1の直流電流を印加して磁界M1を発生させるとき、磁気ヘッド2の浮上量を $d1$ として磁性層12を全面的に磁化する。この後の第2の工程で、図6Bに示すように、上記磁界M1により発生する垂直磁化方向 $m1$ と逆磁性にするための第2の直流電流を印加して磁界M2を発生させるとき、磁気ヘッド2の浮上量 $d2$ とする。この浮上量 $d2$ は、上記第1の直流電流を印加するときの浮上量を $d1$ に比し大とし、凸部13のみの磁化反転を行って位置決め信号を書き込んでいる。

【0044】この場合、ディスク駆動装置における具体的な各種パラメータは、まず、スピンドルモータが垂直磁気ディスク1を1分間に3600回、回転させ、磁気ヘッド2が主磁極膜厚 $0.4\mu\text{m}$ 、トラック幅 $100\mu\text{m}$ 、コイル巻数28ターンの磁気ヘッド2を用いている。第1の工程では、浮上量 $d1$ を $0.13\mu\text{m}$ にして一様な垂直方向に磁化させている。次の工程では、垂直磁気ディスク1の回転数を 9400rpm とし、磁気ヘッド2の浮上量 $d2$ を

$1.0\mu\text{m}$ と上記浮上量 $d1$ に比し大としている。このときの印加する第2の直流電流は、 60mA と大きくしている。

【0045】この操作は、図6(A)の磁界M1を少ない直流電流で全面を一方方向に垂直磁化させるための浮上量 $d1$ を浮上量 $d2$ に比し小さく垂直磁気ディスク1の凸部13の表面に近接させる。

【0046】一方、第2の工程では、サーボゾーンSZの一部、すなわち凸部13だけを磁化反転させればよいという点を考慮してこのとき上記磁界M1と逆磁性の磁界M2を発生させる直流電流 60mA を第二の直流電流として印加して凸部13のみを磁化反転させて位置決め信号の書き込みを行っている。第二の直流電流が 60mA と大きいことから浮上量 $d2$ は、浮上量 $d1$ に比して大きく設定して印加が行われている。

【0047】このように垂直磁気ディスク1を通常のドライブ装置に組み込み、通常の磁気再生を行っても位置決め信号をトラッキングサーボ制御に十分な S/N 比で読み出せることが確認されている。この場合においても同様に1つの磁気ヘッドにより位置決め信号を書き込むことができ、生産性の向上を図ることができ、多少の消費電力の節約も行うことができる。

【0048】〔実施例4〕この実施例は、上述した実施例3と同じ構成の通常のディスク駆動装置で垂直磁気ディスク1に対する磁気ヘッド2の浮上量を変化させて位置決め信号の書き込みを行う場合である。ここで、通常のディスク駆動装置としては、組み込んである磁気ヘッド2のパラメータが、例えば主磁極膜厚 $0.3\mu\text{m}$ 、トラック幅 $10\mu\text{m}$ の磁気ヘッドを用いている。

【0049】第1の工程では、まず、 3600rpm で回転している垂直磁気ディスク1上に、磁気ヘッド2に第1の直流電流として磁界M1を発生させる 8mA の直流電流を印加し、磁気ヘッド2と凸部13の表面との間隔 $d1$ を $0.13\mu\text{m}$ としながら、トラック幅と同じピッチで垂直磁気ディスク1の最外周から最内周に移動させて、全面的に一様な垂直方向に磁化する。そしてこの後の第2の工程では、垂直磁気ディスク1の回転数を 9400rpm に増加させ、磁気ヘッド2の浮上量 $d2$ を $0.13\mu\text{m}$ から $1.0\mu\text{m}$ に増加させて、磁気ヘッド2に磁界M1と逆磁性の磁界M2を発生させる第2の直流電流として 50mA を印加して凸部13のみ磁化反転を行って位置決め信号の書き込みが行われる。この位置決め信号をディスク駆動装置に組み込まれている再生用の磁気ヘッドによって再生しても、位置決め信号をサーボ動作に必要な S/N 比で再生可能なことが確認されている。この場合は従来の方法による場合では不可能であった通常のドライブ装置での位置決め信号の書き込みが可能となる。これにより、ディスク駆動装置の構成は簡略化を図ることができるようになると共に、生産性の向上も図ることができる。

【0050】〔実施例5〕この実施例では、磁気ヘッド

の代わりに永久磁石または電磁石を使用する。本実施例では、磁化手段として永久磁石を用いて位置決め信号の書き込みを行う。図 7 に示すように、垂直磁気ディスク 1 の半径方向の第 1 の永久磁石 2 1 と第 2 の永久磁石 2 2 は、それぞれサーボゾーン S 2 に凹凸が形成された垂直磁気ディスク 1 に対して垂直磁気ディスク 1 の半径と同一以上の長さになっている。また、永久磁石 2 1、2 2 の磁極は、垂直磁気ディスク 1 を介して垂直磁気ディスク 1 に対して鉛直方向に異なる磁極が対向するように分極配置されている。このため、永久磁石 2 1、2 2 の対向する側の磁極は、例えば図 7 では第 1 の永久磁石 2 1 の N 極と第 2 の永久磁石 2 2 の S 極とを対向させている。これら永久磁石 2 1 と永久磁石 2 2 は、図示しないが保持体によってそれぞれ一定の間隔で垂直磁気ディスク 1 を挟むように配置する。

【0051】具体的に説明すると、図 8 に示されるように、表面に凹凸形状を有する非磁性基板 1 1 上に磁性層 1 2 が形成された垂直磁気ディスク 1 への位置決め信号記録方法において、ディスク駆動装置は、垂直磁気ディスク 1 を回転させて、図 8 (A) に示すように、磁気ディスク 1 の半径と同一以上の長さの第 1 の永久磁石 2 1 と、垂直磁気ディスク 1 の半径と同一以上の長さの第 2 の永久磁石 2 2 とを、互いに異なる磁極が対向するようにして磁気ディスク 1 を挟むように第 1 の永久磁石 2 1 と第 2 の永久磁石 2 2 の対向する面の中心を揃えて配置して、垂直磁気ディスク 1 の凹部 1 4 と凸部 1 3 の磁性層 1 2 の全てを同一の垂直方向に磁化している。

【0052】次いで、図 8 (B) に示すように、上記垂直磁化方向とは逆向きに凸部 1 3 の磁性層 1 2 を磁化するように極性が選定された直流電流を磁気ヘッド 2 に印加しながら、上記磁気ヘッド 2 を垂直磁気ディスク 1 上の半径方向に移動させ、垂直磁気ディスク 1 の凸部 1 3 の磁性層 1 2 のみを上記同一の垂直磁化方向と逆向きに磁化する。このときの磁気ヘッド 2 のパラメータは、図

$$13800 \times 1900 / 6900 = 3800$$

から計算されるように 3800 G 程度以上の磁化を有する磁石を用いればよいことが判る。

【0057】このように永久磁石を用いる方法においても、保磁力の小さな垂直磁気ディスク 1 に着磁させる方が長手記録媒体に着磁させる場合より磁化量の小さな磁石で行うことができるので、安価に信号記録装置を作製することができる。

【0058】なお、この場合使用する磁化の上限としては、両永久磁石 2 1、2 2 の外側面における逆向きの磁場によって垂直磁性層 1 2 が磁化されないように選定することができる。また、第 1 の及び第 2 の磁石の形状がディスクの表面を覆うようにディスクと同様の円形状であっても、同様に位置決め信号の書き込みを行うことができることはいうまでもない。第 1 の及び第 2 の磁石の形状を円とする場合、それぞれの磁石の間に挟み込まれ

8 (B) に示すように、主磁極 G の膜厚が $0.4 \mu\text{m}$ 、トラック幅が $100 \mu\text{m}$ である。

【0053】ところで、このように永久磁石が垂直磁気ディスク 1 を挟み込むように対向配置された垂直磁気ディスク 1 の表面上の磁束密度は、静磁界解析によって図 9 B の永久磁石間の距離に対する磁束密度分布として得られる。上記静磁界解析は、この実施例において図 9 A に示すように垂直磁気ディスク 1 の円周方向に沿う方向を x 軸、垂直ディスク 1 の表面から離間する方向を z 軸として、各永久磁石 2 1、2 2 の x 軸方向の長さを 6 mm、z 軸方向の長さを 20 mm とし、各永久磁石 2 1、2 2 の磁極端面の z 軸方向の間隔 z_0 を 6 mm として配置する。

【0054】ここで、静磁界解析において求める磁束密度は、ある位置を基準として z 軸方向の間隔 z_0 の中間位置を保ちながら、x 軸方向にスキャンさせた際の z 軸方向の磁束密度を求めたものである。また、図 9 (B) の磁束密度の符号は、z 軸方向、すなわち図 9 (A) における上向きを正として、下向きを負として示している。

【0055】図 9 (B) から判るように、上向きの磁束密度は、各永久磁石 2 1、2 2 の外側近傍で最大となり、下向きの磁束密度は、各永久磁石 2 1、2 2 の x 軸方向の長さの中間位置、すなわち距離 16~18 mm の間を永久磁石の幅の中心とするこの位置で最大となる。

【0056】ところで、上向きの最大磁束密度の大きさは、下向きの最大磁束密度に比し約 $1/3$ 程度となっている。この場合、永久磁石の磁化を M とすると、磁化 $M = 1.38 \text{ T}$ として計算したものである。このとき、計算で用いるパラメータとしては、各永久磁石の中心位置の磁束密度の大きさを約 0.69 T、空気の比透磁率 μ を 1 としている。この磁界の大きさは 6900 Oe となる。これに対して、例えば 1900 Oe の保磁力を有する垂直磁性層 1 2 を全面的に磁化するためには、

$$\dots (1)$$

る垂直磁気ディスク 1 は回転させる必要がなくなる。

【0059】このようにして垂直磁気ディスク 1 に対し通常のドライブ装置において再生用磁気ヘッドにより再生しても、位置決め信号はトラッキングサーボ制御に必要とされる S/N 比で読み出すことができる。この場合の実施例においてもヘッドの交換作業を不要とし、製造工程の簡略化を図って生産性の向上を図ることができる。

【0060】〔実施例 6〕この実施例は、より具体的に通常のディスク駆動装置、特に、垂直磁気ディスク 1 を複数枚組み込まれているハードディスク駆動装置 3 0 に適用した場合である。第 1 の工程でハードディスク駆動装置 3 0 は、図 1 0 に示すように、それぞれ異なる磁極を相対向させた永久磁石 2 1、2 2 に挟み込まれる位置に配設する。ハードディスク駆動装置 3 0 は、第 1 の工

程での垂直な一方向への全面初期化において例えば通常動作で単に回転させ、上記永久磁石21、22を相対向状態で保ちながら、垂直磁気ディスク1の最外周から最内周へトラック幅毎に移動させて垂直磁化方向を一様にする。次に、第2の工程では、ハードディスク装置30の磁気ヘッド（図示せず）によって垂直磁気ディスク1の凸部13のみの垂直磁化方向を反転させて位置決め信号の書き込みを行う。このように配置したときの磁束密度を上述した実施例5で説明した表示で図11に示す。

【0061】この実施例ではハードディスク駆動装置30自体の厚さが10mmである。上述の実施例5と同様の大きさの永久磁石21、22は、それぞれハードディスク駆動装置30の筐体上面と下面側から各永久磁石までの間隔を3mmとする位置に配する。永久磁石21、22は、それぞれ13800Gの磁化を有する。この永久磁石を用いて計算を行った結果は、図11に示す。

【0062】この永久磁石21、22間の中間位置における最大磁束密度は約1.68Tとなり保磁力Hcが1600Oe程度の垂直磁性層12があれば一方向に一様に磁化することができる。例えばNiFe系の永久磁石においては1.38Tの磁束密度が得られる。また、第1の及び第2の永久磁石の形状が垂直磁気ディスクの表面を覆うように各垂直磁気ディスクと同様の円形状であっても、同様に位置決め信号の書き込みを行うことができる。この形状を用いた場合、それぞれの永久磁石21、22の間にある垂直磁気ディスク1は回転させなくてもよい。

【0063】この後、第2の工程でハードディスク駆動装置30は、実際にハードディスク駆動装置30に組み込まれた主磁極膜厚0.4μm、トラック幅10μmの磁気ヘッド（図示せず）により上述の第1の工程で磁化した垂直方向とは逆向きに凸部13のみを磁化反転させ、位置決め信号の書き込んでいる。この場合においても再生時、トラッキングサーボ制御に必要なS/N比の位置決め信号が書き込めることが確認されている。

【0064】このように、通常のディスク駆動装置に第一および第二の磁石を持ち越すことによって位置決め信号を書き込むことができ、位置決め信号書き込み専用の装置が不要となって装置の簡略化を図ると共に生産性の向上を図ることができる。

【0065】〔実施例7〕この実施例における垂直磁気ディスク1の表面凹凸形状を有する非磁性基板11上に垂直磁性層12が形成された磁気ディスク1に対する位置決め信号の書き込みは、先ず、垂直磁気ディスク1を回転させて、垂直磁気ディスク1の半径と同一以上の長さの第1の永久磁石21と、垂直磁気ディスク1の半径と同一以上の長さの第2の永久磁石22とを、垂直磁気ディスク1を挟んで互いに異なる磁極を相対向させ、各

永久磁石21、22の対向する面の中心が一致するように配置する。第1の工程では、垂直磁気ディスク1の凹部14と凸部13の垂直磁性層12を全て同一の垂直方向に磁化し、第2の工程で上記垂直磁化方向とは逆向きに凸部13の垂直磁性層12を磁化する極性にした垂直磁気ディスク1の半径と同一以上の大きさの第3の磁石及びまたは第4の磁石を垂直磁気ディスク1上に配置することにより、凸部13の垂直磁性層12のみを上記垂直磁化方向とは逆向きに磁化させている。この実施例では、第3の磁石として永久磁石23のみを用いて凸部13の垂直磁性層12の磁化反転を行っている。

【0066】具体的に、図12を参照しながら説明すると、図12(A)に示すように、垂直磁気ディスク1を挟んで上下に垂直磁気ディスク1の半径と同一以上の長さの第1の及び第2の永久磁石を互いに異なる磁極を相対向させて、それぞれの永久磁石の中心を揃えて配置している。この実施例では、第1の及び第2の永久磁石の長さは垂直磁気ディスク1の半径と同程度の長さのものをを用いている。ディスク駆動装置は、垂直磁気ディスク1を矢印aで示す方向に1回転させて垂直磁性層12の凸部13及び凹部14を含む全面を一方向に磁化する。

【0067】次の工程では、図12(B)に示すように、上記垂直磁化方向とは凸部13の垂直磁性層12を逆向きに磁化するように極性が配された垂直磁気ディスク1の半径と同一以上の長さの第3の永久磁石及び又は第4の永久磁石を用いて所定の部分、すなわち凸部13が、反転磁化される。この実施例では、第3の永久磁石としてU字状の半径と同程度の長さの永久磁石23を垂直磁気ディスク1上に配置して、凸部13の垂直磁性層12のみを上述の垂直磁化方向とは逆向きに磁化して位置決め信号の書き込みを行っている。

【0068】このようなU字状の永久磁石の磁化Mが13800Gの場合の磁束密度の分布計算の結果を図13に示す。この実施例7においてもx軸方向は、垂直磁気ディスク1の円周方向に沿う方向とし、z軸方向は垂直磁気ディスク1から離間する方向としている。永久磁石23は、永久磁石23を表すパラメータとして各磁極端部のx軸方向の長さW1及びW2をそれぞれ6mm、各磁極間の間隔X1を0.2mm、z軸方向の長さLzを20mmの永久磁石を用いて、各磁極から垂直磁気ディスク1の表面までの間隔Z1を6mmとして配されている。この場合の磁束密度分布を計算した結果、磁束密度は、最大値が0.22Tとなり、磁界の大きさは2070Oeとなる。

【0069】従って、垂直磁性層12の保磁力Hcが1900Oeで、凸部13のみを磁化反転させるためには1/5程度の磁界、すなわち380Oeの磁界が必要となる。

このU字状磁石の磁化は、

$$(13800 \times 380 / 2070) = 2533 \quad \dots (2)$$

と2533G程度あればよいことが判る。

【0070】この実施例のように、第1～第3の磁石を

配置すると、垂直磁気ディスク1を回転するだけで凸部13と凹部14にそれぞれ対応した位置決め信号を書き

込むことができ、書き込み作業が格段に簡略化され、装置の簡略化及び生産性の向上を図ることができる。

【0071】なお、上述の実施例7においては、U字状の第3の磁石により凸部13の磁化方向を反転させたが、例えば棒状の第3の永久磁石及び第4の永久磁石を垂直磁気ディスク1上に、第1の永久磁石及び第2の永久磁石による磁化の向きとは逆向きに磁化されるように配置してもよい。また、第1の及び第2の永久磁石の形状が垂直磁気ディスクの表面を覆うように垂直磁気ディスクと同様の円形状であっても一方向への垂直磁化させることができ、この場合、それぞれの永久磁石の間にある垂直磁気ディスク1を回転させることなく垂直磁化させることができる。

【0072】なお、本発明は上述の各実施例に限定されることがなく、磁化させる手段として単磁極型ヘッドとして永久磁石を用いる代わりに電磁石を用いたり、垂直磁気ディスク及びヘッドの構成等に対する種々の変形変更を容易に行うことができることは明かである。

【0073】以上のようにして垂直磁気記録媒体を構成することにより、高精度な位置制御、すなわち垂直磁気記録媒体に対する高精度なトラッキング制御が可能になり、記録容量を大幅に向上させることができる。また、前述した各種の垂直磁気記録媒体への信号記録方法を用いることによって、従来、垂直磁気記録方式において位置決め信号を記録する方法が開発されていなかったが、1つの磁気ヘッドに第1の直流電流と、これとは逆極性の第2の直流電流とを順次印加することによって垂直磁気ディスクの表面の凹凸に対応して逆向きの磁化を書き込むことができる。これにより、ヘッド交換作業を不要とすることにより生産性の向上を図ることができ、この方法を用いた装置を用いれば、1種類の磁気ヘッドのみを用い、磁気ヘッドに印加する直流電流の大きさを変化させ、この直流電流の大きさに応じて磁気ヘッドの垂直磁気ディスクの表面からの浮上量を変化させることによる所定領域に達する磁場の大きさの違いを利用して構成できるので、装置構成を簡略化することができる。

【0074】また、垂直磁気ディスク1の半径以上の長さの第1の及び第2の磁石として例えば永久磁石や電磁石等の磁石を用いて所定領域だけを逆向きに磁化することによって、凹凸パターンに対応する位置決め信号を書き込むことができ、ヘッド交換作業を不要として生産性の向上をはかり、装置構成を簡略化することができる。

【0075】

【発明の効果】本発明に係る垂直磁気記録媒体では、垂直磁性層は、位置決め信号の記録される凹部と凸部で記録する垂直磁化方向を互いに逆方向に揃えることにより、高精度な位置制御、すなわち垂直磁気記録媒体に対する高精度なトラッキング制御が可能になり、記録容量を大幅に向上させることができる。

【0076】また、本発明に係る垂直磁気記録媒体への

信号記録方法では、垂直磁気記録方式によって非磁性基板上に形成された垂直磁性層に情報信号の記録を行い、かつ予め上記非磁性基板に形成される凹凸を磁気ヘッドの位置信号とするサーボビットを備える垂直磁気記録媒体に対して第1の垂直磁化工程で上記垂直磁気記録媒体の凹部と凸部の垂直磁性層全面に第1の磁化手段により第1の磁場を印加して同一の垂直方向に磁化させ、第2の磁化工程で上記垂直磁気記録媒体を上記垂直磁気記録媒体の半径方向に回転移動させながら、上記第1の磁化手段以下の大きさの第2の磁化手段で上記第1の磁場と逆方向の第2の磁場を上記凸部の垂直磁性層のみに印加して上記第1の磁場と逆の垂直方向に磁化させて、上記凸部のサーボビットに上記凹部と垂直磁化方向の異なる情報信号を記録させることにより、ヘッド交換作業を不要として生産性の向上をはかり、装置構成を簡略化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る垂直磁気記録媒体としての垂直磁気ディスクの一断面を模式的に示す断面図である。

【図2】上記垂直磁気ディスクがセクタに分割されている状態を模式的に示す模式図である。

【図3】上記垂直磁気ディスクの凹凸パターンの配置及び極性を説明するための模式図である。

【図4】本発明に係る垂直磁気記録媒体への信号記録方法の基本的な信号記録の手順及び実施例1を説明するための模式図である。

【図5】信号記録方法における第2の直流信号と凸部で再生される位置決め信号の再生出力の関係を示すグラフである。

【図6】垂直磁気記録媒体への信号記録方法の実施例2の信号記録の手順を説明するための模式図である。

【図7】本発明の垂直磁気記録媒体への信号記録方法において実施例5の全面を一方向に垂直磁化させる構成及び信号記録の手順を説明する模式図である。

【図8】上記実施例5のより具体的な構成及び信号記録の手順を説明するための模式図である。

【図9】静磁界解析による永久磁石間の距離に対する磁束密度分布を示すグラフである。

【図10】本発明の垂直磁気記録媒体への信号記録方法において実施例6を説明するための模式図である。

【図11】上記実施例6において静磁界解析による永久磁石間の距離に対する磁束密度分布を示すグラフである。

【図12】本発明の垂直磁気記録媒体への信号記録方法において実施例7を説明するための模式図である。

【図13】上記実施例7において静磁界解析による永久磁石間の距離に対する磁束密度分布を示すグラフである。

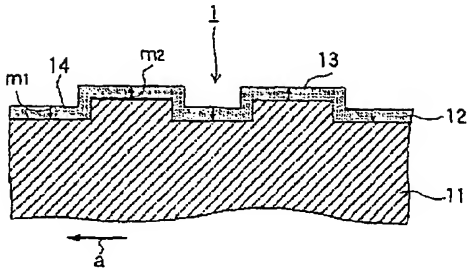
【符号の説明】

1・・・垂直磁気ディスク

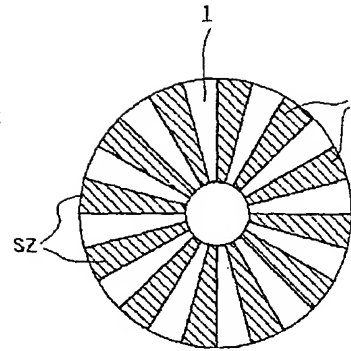
2 . . . 磁気ヘッド
 11 . . . 非磁性支持体
 12 . . . 垂直磁性層
 13 . . . 凸部

14 . . . 凹部
 21 . . . 第1の永久磁石
 22 . . . 第2の永久磁石
 23 . . . 第3の永久磁石

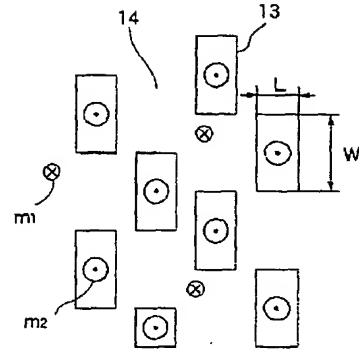
【図1】



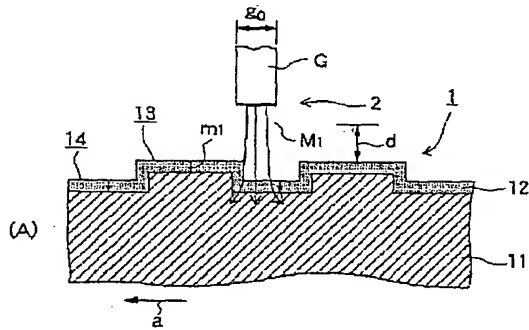
【図2】



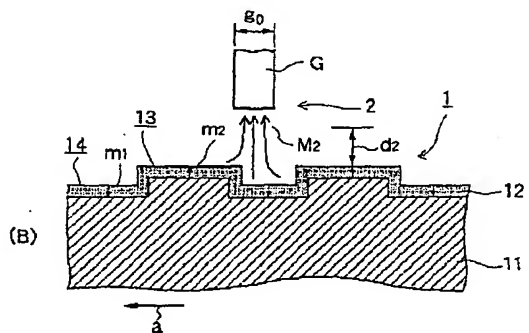
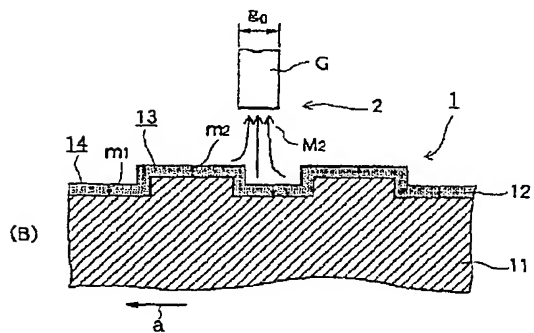
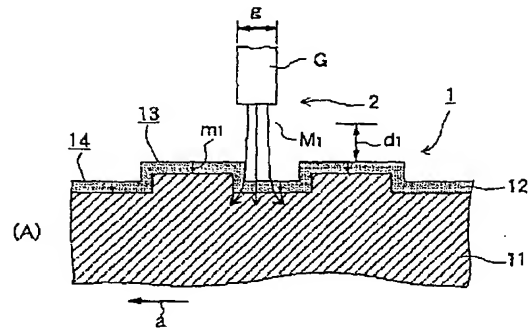
【図3】



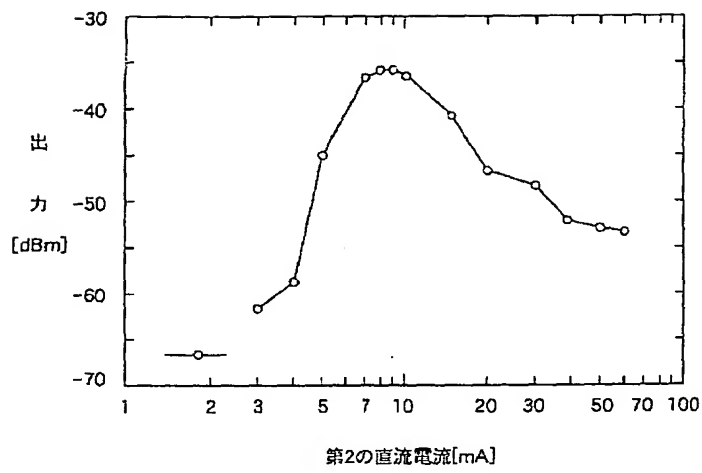
【図4】



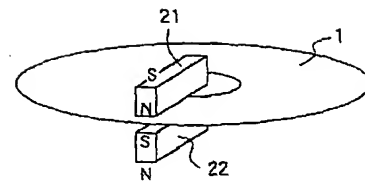
【図6】



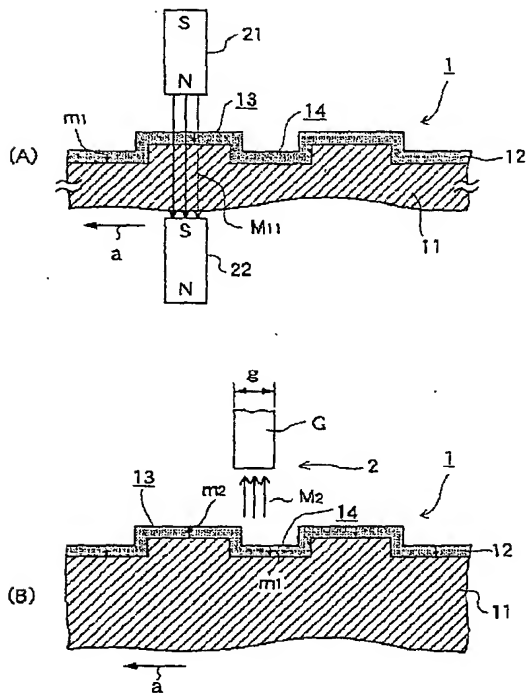
【図5】



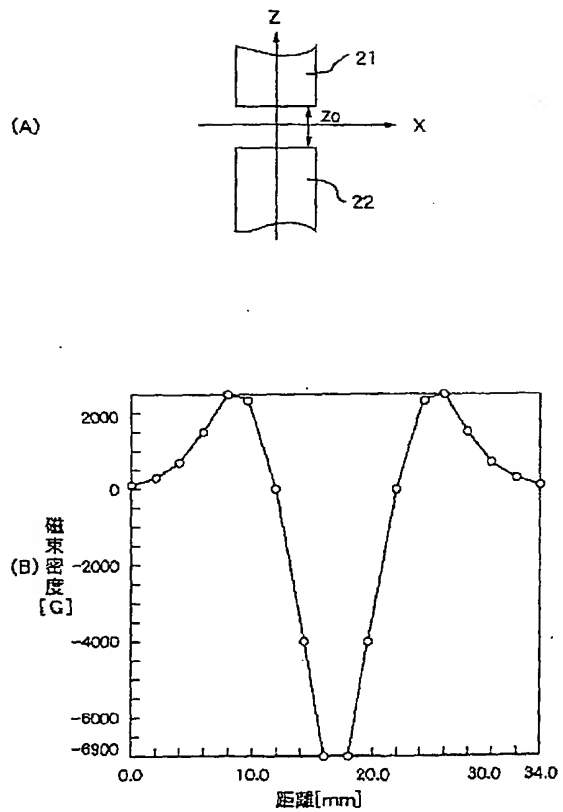
【図7】



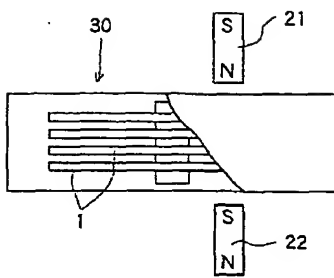
【図8】



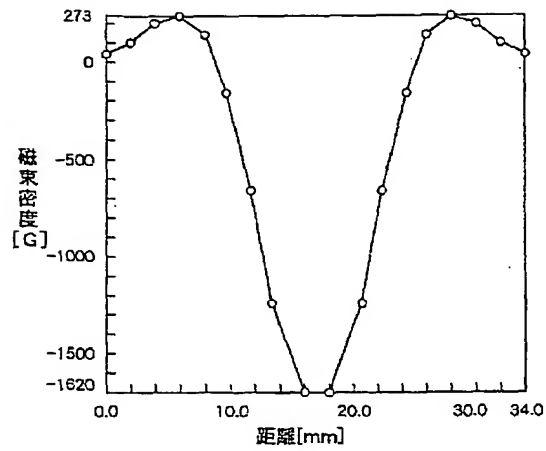
【図9】



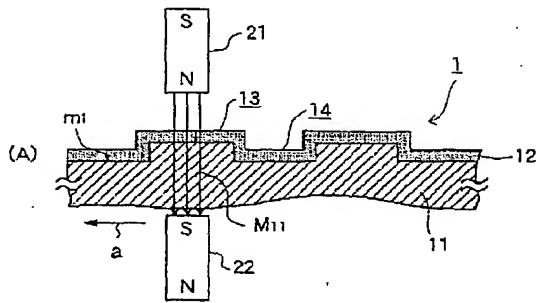
【図10】



【図11】



【図12】



【図13】

